

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年2月19日 (19.02.2004)

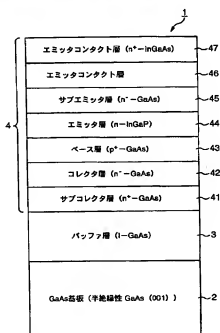
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/015781 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 29/737, 21/205  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009818  
(22) 国際出願日: 2003年8月1日 (01.08.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2002-233708 2002年8月9日 (09.08.2002) JP  
(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 住友化学工業株式会社 (SUMITOMO CHEMICAL COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒541-8550 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP). 住化エピソードン株式会社 (SUMIKA EPI SOLUTION COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒104-8260 東京都中央区新川二丁目27番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山田 永 (YAMADA, Hisashi) [JP/JP]; 〒299-0241 千葉県袖ヶ浦市代宿98-608 Chiba (JP). 福原 昇 (FUKUHARA, Noboru) [JP/JP]; 〒305-0035 茨城県つくば市松代3-9-10 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 浅村 皓, 外 (ASAMURA, Kiyoshi et al.); 〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目2番1号 新大手町ビル331 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, [続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING COMPOUND SEMICONDUCTOR WAFER AND COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 化合物半導体ウェーハの製造方法及び化合物半導体素子



47. EMITTER CONTACT LAYER (n<sup>+</sup>-InGaAs)  
46. EMITTER CONTACT LAYER (n<sup>+</sup>-GaAs)  
45. SUB-EMITTER LAYER (n'-GaAs)  
44. EMITTER LAYER (n-InGaP)  
43. BASE LAYER (p'-GaAs)  
42. COLLECTOR LAYER (n'-GaAs)  
41. SUB-COLLECTOR LAYER (n'-GaAs)  
3. BUFFER LAYER (i-GaAs)  
2. GaAs SUBSTRATE (SEMI-INSULATING GaAs (001))

(57) Abstract: A method for manufacturing a compound semiconductor wafer for the use in HBT production, in which a sub-collector layer, a collector layer, a base layer and an emitter layer are vapor-deposited in this order on a compound semiconductor substrate through an MOCVD method; wherein the base layer is a p-type compound semiconductor thin film layer containing at least one of Ga, Al and In as a Group III element and As as a Group V element under the condition that the growth is the Group V gas flow-rate supply rate-determining growth.

(57) 要約: 化合物半導体基板上にサブコレクタ層、コレクタ層、ベース層、及びエミッタ層を、この順序で、MOCVD法を用いて気相成長させることによりHBT製造用の化合物半導体ウェーハを製造するための方法であって、前記ベース層を、3族元素としてGa、Al及びInのうちの少なくとも一種を含み5族元素としてAsを含むp型化合物半導体薄膜層として、成長速度が5族ガス流量供給律速成長となる条件下で成長させるようにした上記方法。



SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,  
YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 化合物半導体ウェーハの製造方法及び化合物半導体素子

## 5 技術分野

本発明は、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT）の製造のための化合物半導体ウェーハの製造方法及び化合物半導体素子に関するものである。

## 背景技術

- ヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT）は、エミッタ注入効率を高めるため、エミッタ層にベース層よりもバンドギャップの大きい物質を用いてエミッターベース接合をヘテロ接合としたバイポーラトランジスタであり、マイクロ波以上の周波数領域で使用する半導体素子として好適なため、次世代携帯電話用の半導体素子として期待されている。

- HBTの構造は、以下の通りである。例えばGaAs系HBTの場合、一般的には半絶縁性GaAs基板上に有機金属熱分解法（MOCVD法）を用いて、 $n^+$ -GaAs層（サブコレクタ層）、 $n$ -GaAs層（コレクタ層）、 $p$ -GaAs層（ベース層）、 $n$ -InGaP層（エミッタ層）、 $n$ -GaAs層（サブエミッタ層）を次々に結晶成長させることにより、エミッターベース接合であるpn接合がヘテロ接合の構造となっている上述した層構造の薄膜結晶ウェーハを形成し、これを用いてHBTが製造されている。

- 図7は、従来における一般的なGaAs系HBTの構造を模式的に示す図である。図7のHBT100では、半絶縁性のGaAs基板101上に、 $n^+$ -GaAs層から成るサブコレクタ層102、 $n$ -GaAs層から成るコレクタ層103、 $p$ -GaAs層から成るベース層104、 $n$ -InGaP層から成るエミッタ層105及び $n^+$ -GaAs層から成るサブエミッタ層106、 $n^+$ -InGaAs層から成るエミッタコンタクト層107がこの順序でMOCVD法等の適宜の気相成長法を用いて半導体薄膜結晶層として形成されており、サブコレクタ層102上にはコレクタ電極108が、ベース層104上にはベース電極109が、そしてエミッタコンタクト層107上にはエミッタ電極110がそれ

ぞれ形成されている。

このように構成されるHBTにあつては、その電流増幅率 $\beta$ は、 $\beta = I_c / I_b = (I_n - I_r) / (I_p + I_s + I_r)$ で表される。ここで、 $I_n$ はエミッタからベースへの電子注入電流、 $I_p$ はベースからエミッタへの正孔注入電流、 $I_s$ はエミッタ

- 5 / ベース界面再結合電流、 $I_r$ はベース内での再結合電流である。

したがって、電流増幅率 $\beta$ を大きくするには、上式より、ベース内での再結合電流である $I_r$ を低減させる必要があることが判る。このベース内での再結合電流はベース層の結晶性に敏感であり、ベース層において結晶欠陥が多いと、ベース内での再結合電流が大きくなり、電流増幅率 $\beta$ が低下してしまう。したがって、

- 10 HBTの電流増幅率の特性を改善するにはそのベース層の結晶性を良好なものとする必要がある。

このような目的を達成する従来技術の1つとして、特開平3-110829号公報には、化合物半導体薄膜の成長時の基板温度を450～650℃、5族原料と3族原料との供給モル比を0.3～2.5の範囲内で設定するようにした化合物

- 15 物半導体薄膜の製造方法が提案されている。

この提案された従来方法によると、キャリア濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ で制御できるとされているが、5族原料と3族原料との供給モル比及び成長温度を決定すると、キャリア濃度がこれらにより決定されてしまうのでキャリア濃度を所望の値に制御するのが難しいという問題点を有している。

- 20 発明の開示

本発明の目的は、従来技術における上述の問題点を解決することができるようにした化合物半導体ウェーハの製造方法及び化合物半導体素子を提案することにある。

- 25 本発明の目的は、外部からの不純物の添加によりキャリア濃度の制御を可能にして結晶性の良いベース層を形成することができる化合物半導体ウェーハの製造方法及び化合物半導体素子を提供することにある。

上記課題を解決するため、本発明においては、ベース層の成長条件を5族ガス流量供給律速成長となる条件とすることによりベース層の結晶性を向上させ、これにより電流増幅率の大幅改善を図るようにした。 $V/III$ 比を1.0～0.3

の範囲内にすることにより 5 族ガス流量供給律速成長とすることができる。

- ここで、 $V/III$ 比とは 3-5 族化合物半導体結晶成長時における 5 族原料と 3 族原料の供給量比である。一般に有機金属気相成長法においては、原料はガスボンベやバブラーからガスの状態で供給される。ガスボンベからのガスの供給量は供給ラインに設置されたマスフローコントローラーなどの流量制御装置によって制御され、 $(\text{ボンベ内のガス濃度}) \times (\text{ガス流量})$  が原料の実流量となる。バブラーからのガスの供給量はバブラーに流すキャリアガス供給ラインに設置されたマスフローコントローラーなどの流量制御装置によって制御され、 $(\text{キャリアガス流量}) \times (\text{バブラー内原料蒸気圧}) / (\text{バブラー内圧})$  が原料の実流量となる。これらの方式によって供給された原料実流量について 5 族原料と 3 族原料の供給量比をとったものを一般に  $V/III$ 比と称している。本明細書においても  $V/III$ 比という用語を上述の定義に従うものとして使用している。

- 本発明の第一の態様によれば、化合物半導体基板上にサブコレクタ層、コレクタ層、ベース層、及びエミッタ層を、この順序で、MOCVD法を用いて気相成長させることにより HBT 製造用の化合物半導体ウェーハを製造するための方法であって、前記ベース層を、3 族元素として Ga、Al 及び In のうちの少なくとも一種を含み 5 族元素として As を含む p 型化合物半導体薄膜層として、成長速度が 5 族ガス流量供給律速成長となる条件で成長させるようにした上記方法が提案される。

- ベース層の成長条件を上述の如く選ぶことにより、成長したベース層の結晶性が良好なものとなり、ベース層内での再結合電流を小さくことができ、HBT の電流増幅率を大きくすることができる。

- 本発明の第二の態様によれば、請求項 1 の発明において、 $V/III$ 比を 0.3 ~ 1.0 の範囲内として前記ベース層を成長させるようにした化合物半導体ウェーハの製造方法が提案される。

- 本発明の第三の態様によれば、請求項 1 又は 2 記載の発明において、前記ベース層のキャリア濃度の調整をハロゲン化メタンの流量で制御するようにした化合物半導体ウェーハの製造方法が提案される。

- 本発明の第四の態様によれば、請求項 1 又は 2 記載の発明において、前記ベー

ス層のキャリア濃度の調整を $\text{CBrCl}_3$ の流量で制御するようにした化合物半導体ウェーハの製造方法が提案される。

- 本発明の第五の態様によれば、化合物半導体基板上にサブコレクタ層、コレクタ層、ベース層及びエミッタ層が気相成長によりこの順序で薄膜結晶層として形成されて成る化合物半導体素子において、前記ベース層の少数キャリアの寿命が
- 5 200 psec以上である上記化合物半導体素子が提案される。

- 本発明の第六の態様によれば、化合物半導体基板上にサブコレクタ層、コレクタ層、ベース層及びエミッタ層が気相成長によりこの順序で薄膜結晶層として形成されて成るヘテロ接合バイポーラトランジスタを含む化合物半導体素子において、前記ヘテロ接合バイポーラトランジスタの電流増幅率/ベースシート抵抗の
- 10 割合が0.60以上である上記化合物半導体素子が提案される。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の方法によって製造されたHBT用薄膜結晶ウェーハの一例を模式的に示す層構造図である。

- 15 図2は、図1に示す半導体ウェーハを製造するのに使用される気相成長半導体製造装置の要部を概略的に示す図である。

図3は、 $\text{p-GaAs}$ の $V/III$ 比と成長速度との関係を示す図である。

図4は、 $\text{CBrCl}_3$ の流量とキャリア濃度との間の関係を示すグラフである。

- 図5は、ベース層における $V/III$ 比と電流増幅率との間の関係を示すグラフ
- 20 である。

図6は、本発明による電流増幅率とベース抵抗との間の関係を従来例の場合と比較して示すグラフである。

図7は、従来における一般的な $\text{GaAs}$ 系HBTの層構造を模式的に示す図である。

- 25 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例につき詳細に説明する。

図1は、本発明の方法によって製造されたHBT用薄膜結晶ウェーハの一例を模式的に示す層構造図である。この薄膜結晶ウェーハは $\text{GaAs}$ 系HBTの製造に用いる化合物半導体ウェーハであり、以下図1に示す層構造の半導体ウェーハ

を本発明の方法により製造する場合の実施の形態の一例について説明する。したがって、本発明の方法を図1に示す構造の化合物半導体ウェーハの製造にのみ限定する趣旨ではない。

- 図1に示す半導体ウェーハ1の構造は次の通りである。半導体ウェーハ1は、  
5 半絶縁性のGaAs化合物半導体結晶であるGaAs基板2上にMOCVD法を用いて複数の半導体薄膜結晶成長層を次々と積層させて構成されたものである。図1を参照して半導体ウェーハ1について説明すると、GaAs基板2は半絶縁性GaAs(001)層から成り、GaAs基板2上にi-GaAs層から成るバッファ層3が形成されている。
- 10 次に、バッファ層3の上に形成されているHBT機能層4の構成について説明する。HBT機能層4には、バッファ層3の上に、サブコレクタ層41として働く $n^+$ -GaAs層及びコレクタ層42として働く $n^-$ -GaAs層が、順次半導体エピタキシャル成長結晶層として所定の厚さに形成されている。そして、コレクタ層42の上にベース層43として働く $p^+$ -GaAs層が同じく半導体エピ  
15 タキシャル成長結晶層として形成されており、ベース層43の上にはエミッタ層44として働く $n$ -InGaP層が形成されている。そしてエミッタ層44の上には $n^-$ -GaAs層がサブエミッタ層45として、 $n^+$ -GaAs層及び $n^-$ -InGaAs層がエミッタコンタクト層46及び47として形成されている。
- 20 上述した各層をMOCVD法によるエピタキシャル成長半導体薄膜結晶層として形成するための方法について、以下に詳しく説明する。

- 図2には、図1に示す半導体ウェーハ1をMOCVD法により製造するのに使用される気相成長半導体製造装置10の要部が概略的に示されている。気相成長半導体製造装置10は、原料供給系統(図示せず)からの原料ガスが原料供給ライン11を介して供給される反応器12を備え、反応器12内にはGaAs基板  
25 2を載せて加熱するためのサセプタ13が設けられている。本実施の形態では、サセプタ13は多角柱体でその表面にはGaAs基板2が複数枚取り付けられており、サセプタ13は回転装置14によって回転できる公知の構成となっている。符号15で示されるのはサセプタ13を高周波誘導加熱するためのコイルである。コイル15に加熱用電源16から加熱用の電流を流すことによりGaAs基板2

を所要の成長温度に加熱することができる。この加熱により、原料供給ライン 1 を介してバッファ層 3 内に供給される原料ガスが GaAs 基板 2 上で熱分解し、GaAs 基板 2 上に所望の半導体薄膜結晶を気相成長させることができるようになる。使用済みのガスは排気ポート 12A から外部に排出され、排ガス処

5 理装置へ送られる。

反応器 12 内のサセプタ 13 上に GaAs 基板 2 を載せた後、キャリアガスとして水素を用い、原料としてアルシン、トリメチルガリウム (TMG) を用い、650℃で GaAs をバッファ層 3 として約 500nm 成長させる。しかる後、バッファ層 3 上にサブコレクタ層 41 及びコレクタ層 42 を成長温度 620℃の

10 条件で成長させる。

そして、コレクタ層 42 の上には、3 族原料としてトリメチルガリウム (TMG) を用い、5 族原料としてアルシン ( $AsH_3$ ) を用い、p 型化のドーパントとして  $CBrCl_3$  を用い、620℃の成長温度でベース層 43 を成長させる。ここで、ベース層 43 の成長時に 5 族ガス流量供給律速成長となるよう  $V/III$

15 比を 0.3~1.0 の範囲内としてベース層 43 を成長させる。 $V/III$  比が 1.0 より大きい場合には成長速度が 3 族ガス流量供給律速成長であり、 $V/III$  比が 1.0 以下の場合には 5 族ガス流量供給律速成長となつて、 $V/III$  比が小さくなるに従つて成長速度が低下する。

図 3 には、3 族ガス流量を一定にし 5 族ガス流量を変化させた  $V/III$  比と成長速度 (a. u.) との関係が示されており、この図には上記で説明したことが示されている。 $V/III$  比が 1.0 より大きい領域では、成長速度が 3 族ガス流量で決定されるため成長速度が一定である。 $V/III$  比が 1.0 以下の領域では、成長速度が 5 族ガス流量で決定されるが、5 族ガス流量は  $V/III$  比が小さくなるに従つて減少するため、 $V/III$  比が小さくなるに従つて成長速度が低下する。

25 なお、 $V/III$  比が 0.3 より小さくなると結晶の平坦性が悪化してしまう。したがつて、 $V/III$  比を 0.3 より小さくすることは非現実的であり、以上の理由により、 $V/III$  比は 1.0~0.3 の範囲内の適宜の値とするのが好ましい。

このようにしてベース層 43 を成長させた後、ベース層 43 の上に、エミッタ層 44、サブエミッタ層 45 を 620℃の成長温度で成長させ、サブエミッタ層



45の上にエミッタコンタクト層46、47を形成する。

- 半導体ウェーハ1では、HBTを構成するベース層43を、上述の如く、5族ガス流量供給律速成長となるよう、V/III比を0.3~1.0の範囲内として成長させたので、ベース層43の結晶性が極めて良好なものとなり、これにより
- 5 ベース層内での再結合電流を小さくすることができ、HBTの電流増幅率の大幅改善を図ることができる。

- 上記実施の形態では、3族原料としてTMG、すなわちGa系原料を用いたが、この他、Al系原料又はIn系原料を用いることができる。Ga系原料、Al系原料及びIn系原料は単独に用いてもよいが、これらのうちのいくつかを併用する
- 10 ることもできる。また、5族原料としてはアルシンのほか、Asを含む適宜の5族原料を用いてベース層43の成長を行ってもよい。

- そして、ドーパントとしてCBrCl<sub>3</sub>を用い、炭素(C)をドーブしてベース層43をp型としているので、ベース層43の成長時におけるCBrCl<sub>3</sub>の流量を適宜に調整することにより炭素(C)のドーブ量を加減し、これによりベ
- 15 ース層43のキャリア濃度を成長条件とは独立して調節できる。

- 成長温度620℃で、V/III比を0.9又は0.7とした場合、図4に示すように、ドーパントであるCBrCl<sub>3</sub>を10℃とし、CBrCl<sub>3</sub>バブラーに供給するキャリアガスの流量(sccm)を調節することにより、キャリア濃度を
- 20  $1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3} \sim 1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で独立して制御できることが分かる。また、温度を620℃以外とした場合も同様である。

なお、ベース層43におけるキャリア濃度の制御は、CBrCl<sub>3</sub>の流量調節のほか、成長時にハロゲン化メタンを流し、この流量を制御することにより同様に行うことができる。ハロゲン化メタンとしては、上記以外に、例えば

CBr<sub>4</sub>、CBr<sub>3</sub>Cl、CBr<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、CCl<sub>4</sub>などを用いることができる。

- 25 このようにして、図1に示す層構成の半導体ウェーハ1を製造し、この半導体ウェーハ1を用いてHBTを製造すれば、ベース層43の結晶性が向上するので、電流増幅率の大きな増幅素子を作ることができる。この場合、ベース層43の少数キャリアの寿命は200psec以上であることが望まれる。また、電流増幅率/ベースシート抵抗の割合は0.60以上であることが好ましい。

図1に示す構造の半導体ウェーハを製造し、その半導体ウェーハを用いてHBT素子を以下の実施例のように製作した。エミッタサイズは $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ である。ここでは、コレクタ電流を $1\text{kA}/\text{cm}^2$ 流したときのコレクタ電流/ベース電流を電流増幅率 $\beta$ とする。

- 5 時間分解PL測定は、HBT構造ではベース層の膜厚が薄いため測定できない。そこで、HBTベース層作製条件と同条件でp-GaAsの薄膜を $1\mu\text{m}$ 積層した試料で測定を実施した。

#### 実施例1

- ベース層43の成長条件として、成長温度を $620^\circ\text{C}$ とし、3族原料としてト  
10 リメチルガリウム (TMG) を用い、5族原料としてアルシン ( $\text{AsH}_3$ ) を用い、p型化のドーパントとして $\text{CBrCl}_3$ を用い、V/III比を0.9とした。上記成長条件の下で、ドーパントであるCのドーパ量を調節してベース層43のキャリア濃度を $3.6 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ とした。このときのHBT素子の電流増幅率 $\beta$ を測定したところ180であった。また、電流増幅率 $\beta$ /ベースシート抵抗  
15 BRsの割合を測定したところ0.60であった。

#### 実施例2

- V/III比を0.7とした以外は実施例1と全く同一の条件でHBT素子を製作し、電流増幅率 $\beta$ を測定したところ215であった。ベース層43における少数キャリアの寿命を測定したところ230psecであった。電流増幅率 $\beta$ /ベースシート抵抗BRsの割合を測定したところ0.70であった。  
20

#### 比較例

V/III比を1.0以上の1.3、3.3及び25として実施例1と同一の成長条件で比較のためのHBT素子を製作した。

- V/III比が1.0以上では、電流増幅率 $\beta$ はいずれも150であった。また、  
25 電流増幅率 $\beta$ /ベースシート抵抗BRsの割合を測定したところ0.50であった。V/III比が25の場合の少数キャリアの寿命を測定したところ160psecであった。

図5及び図6にこれらの測定結果を示す。V/III比が1.0以下のV族ガス供給律速度の成長条件では、ベース層が欠陥の少結晶品質が良いため、少数キャ

リアの寿命が長くなった。この結果、 $\beta$ が向上したものと考えられる。

実施例 1、2 及び比較例における、 $V/III$ 比、電流増幅率  $\beta$  / ベースシート抵抗  $BR_s$  の値、及び少数キャリアの寿命  $\tau$  の値はそれぞれ下記に示す通りであった。

| 5     | $V/III$ 比 | $\beta/BR_s$ | $\tau$ (ps) |
|-------|-----------|--------------|-------------|
| 比較例   | 2.5       | 0.50         | 160         |
| 実施例 1 | 0.9       | 0.60         | 200         |
| 実施例 2 | 0.7       | 0.70         | 230         |

- 本発明によれば、上述の如く、ベース層の成長条件を 5 族ガス流量供給律速成長となる条件とすることによりベース層の結晶性を向上させることができ、少数キャリアの寿命を長くすることができると共に、電流増幅率 / ベースシート抵抗の割合を高い値とし、これにより電流増幅率の大幅改善を図ることができる。さらに、ベース層のキャリア濃度を成長条件とは独立して制御することができるので、キャリア濃度を所望の値に制御するのが容易となる。
- 15 産業上の利用可能性

本発明の化合物半導体ウェーハを用いた素子は HBT としてマイクロ波帯以上の周波数領域で使用される。

## 請 求 の 範 囲

1. 化合物半導体基板上にサブコレクタ層、コレクタ層、ベース層、及びエミッタ層を、この順序で、MOCVD法を用いて気相成長させることによりHBT製造用の化合物半導体ウェーハを製造するための方法であつて、
  - 前記ベース層を、3族元素としてGa、Al及びInのうちの少なくとも一種を含み5族元素としてAsを含むp型化合物半導体薄膜層として、成長速度が5族ガス流量供給律速成長となる条件で成長させるようにした上記方法。
  2.  $V/III$ 比を0.3～1.0の範囲内として前記ベース層を成長させるようにした請求項1記載の方法。
- 10 3. 前記ベース層のキャリア濃度の調整をハロゲン化メタンの流量で制御するようにした請求項1又は2記載の方法。
  4. 前記ベース層のキャリア濃度の調整を $CB r C l^3$ の流量で制御するようにした請求項1又は2記載の方法。
- 15 5. 化合物半導体基板上にサブコレクタ層、コレクタ層、ベース層及びエミッタ層が気相成長によりこの順序で薄膜結晶層として形成されて成る化合物半導体素子において、
  - 前記ベース層の少数キャリアの寿命が200 p s e c以上である上記化合物半導体素子。
- 20 6. 化合物半導体基板上にサブコレクタ層、コレクタ層、ベース層及びエミッタ層が気相成長によりこの順序で薄膜結晶層として形成されて成るヘテロ接合バイポーラトランジスタを含む化合物半導体素子において、
  - 前記ヘテロ接合バイポーラトランジスタの電流増幅率/ベースシート抵抗の割合が0.60以上である上記化合物半導体素子。

FIG.1

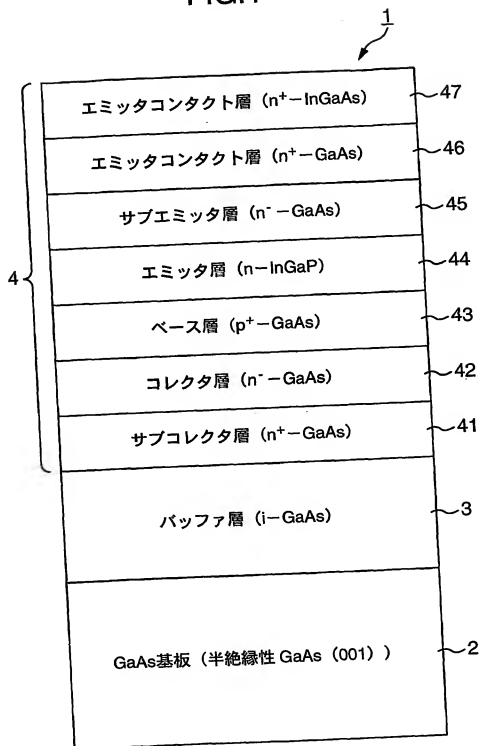
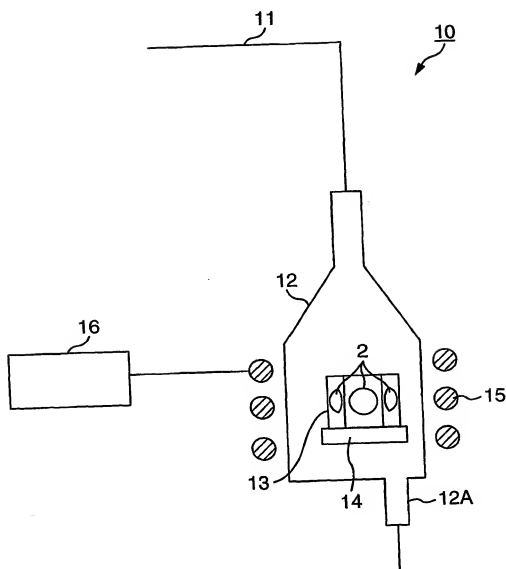
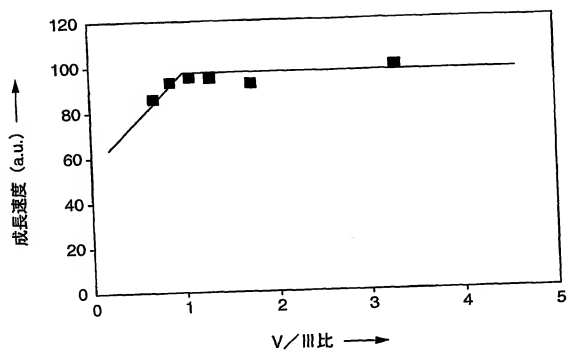


FIG.2



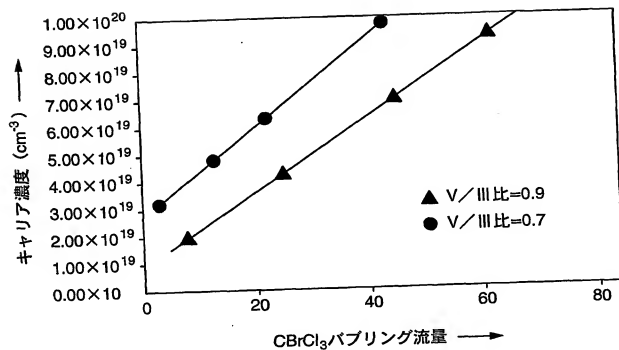
3/7

FIG.3



4/7

FIG.4





5/7

FIG.5

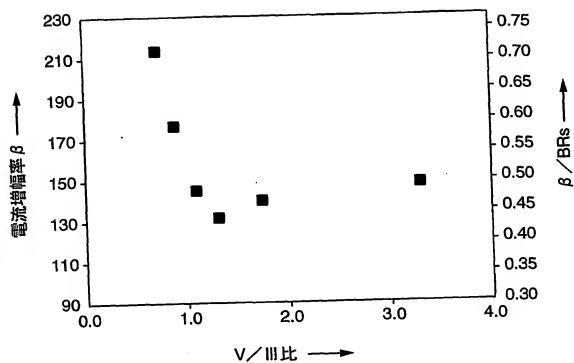


FIG.6

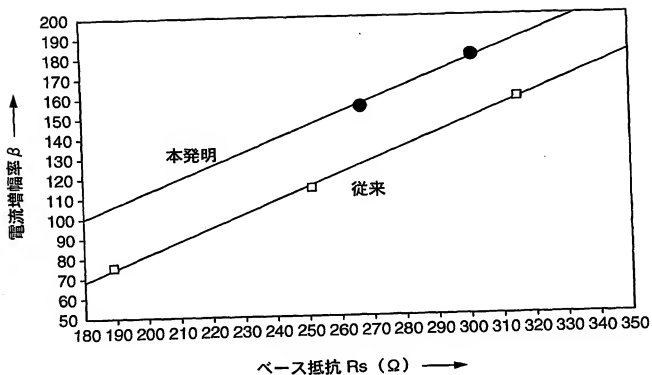
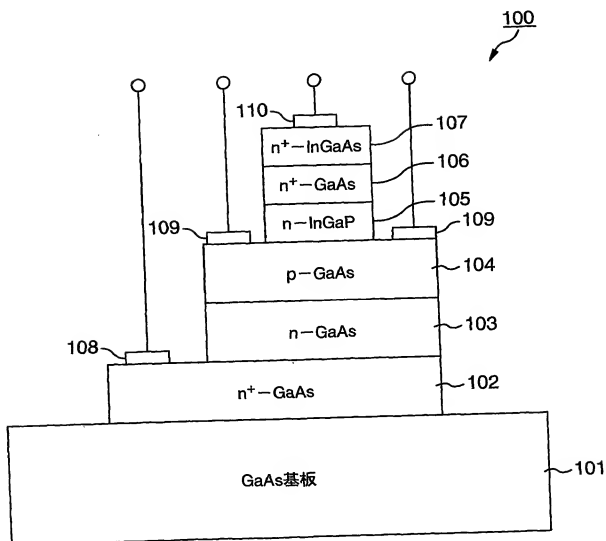


FIG.7



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09818

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L29/737, H01L21/205

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/33-21/331, H01L29/68-29/737, H01L21/205

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X         | EP 390552 A2 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA),<br>03 October, 1990 (03.10.90),<br>Full text; Figs. 1 to 11<br>& JP 3-110829 A<br>Full text; Figs. 1 to 8<br>& JP 2-262332 A<br>& JP 3-5398 A<br>& DE 69024246 D | 1, 2, 5<br>3, 4, 6    |
| X         | JP 6-236852 A (Matsushita Electronics Corp.),<br>23 August, 1994 (23.08.94),<br>Full text; Figs. 1 to 4<br>(Family: none)   | 5, 6                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
15 October, 2003 (15.10.03)

Date of mailing of the international search report  
28 October, 2003 (28.10.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09818

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | EP 977245 A2 (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.),<br>02 February, 2000 (02.02.00),<br>Full text; Figs. 1 to 4<br>& JP 2000-49094 A<br>Full text; Figs. 1 to 4<br>& KR 11929 A & US 6191014 B1<br>& TW 440927 B | 3, 4                  |
| A         | JP 57-92526 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.),<br>09 June, 1982 (09.06.82),<br>Full text; Figs. 1 to 3<br>(Family: none)   | 1-6                   |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> H01L29/737, H01L21/205

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> H01L21/33-21/331, H01L29/68-29/737,  
H01L21/205

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| X               | EP 390552 A2 (KABUSHIKI KAISHA<br>TOSHIBA) 1990. 10. 03,<br>全文, 第1-11図   | 1, 2, 5          |
| Y               | & JP 3-110829 A, 全文, 第1-8図<br>& JP 2-262332 A<br>& JP 3-4517 A<br>& JP 3-5398 A<br>& US 5168077 A<br>& DE 69024246 D | 3, 4, 6          |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日以前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等による文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15. 10. 03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JPT)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

萩原 周治

電話番号 03-3581-1101 内線 3496



4L 9835

| C (続き).<br>引用文献の<br>カテゴリー* | 関連すると認められる文献<br>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|----------------------------|---|------------------|
| X                          | JP 6-236852 A (松下電子工業株式会社)<br>1994. 08. 23,<br>全文, 第1-4図 (ファミリーなし)  | 5, 6             |
| Y                          | EP 977245 A2 (SUMITOMO CHEMICAL<br>COMPANY, LIMITED) 2000. 02. 02,<br>全文, 第1-4図<br>& JP 2000-49094 A, 全文, 第1-4図<br>& KR 11929 A<br>& US 6191014 B1<br>& TW 440927 B | 3, 4             |
| A                          | JP 57-92526 A (東京芝浦電気株式会社)<br>1982. 06. 09,<br>全文, 第1-3図 (ファミリーなし)  | 1-6              |